

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з навчальної дисципліни
«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ
СТІЧНИХ ВОД»

*(для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання
напрямку підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси)
(фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси) (фахове спрямування «Рациональне використання і охорона водних ресурсів»)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Т. С. Айрапетян. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 28 с.

Укладач канд. техн. наук, доцент Т. С. Айрапетян

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент С. Ю. Нікулін, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 30.08.2016 р.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
Лабораторна робота № 1 Визначення параметрів процесу усереднення виробничих стічних вод	5
Лабораторна робота № 2 Визначення ефекту видалення зі стічних вод синтетичних поверхнево-активних речовин на флотаційній установці.....	13
Лабораторна робота № 3 Визначення адсорбційної ємності активованого вугілля при очищенні виробничих стічних вод сорбційним методом.....	15
Лабораторна робота № 4 Знебарвлення пофарбованих розчинів озонуванням	19
Лабораторна робота № 5 Вибір типу розчинника при рідинній екстракції фенолу з води	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета лабораторних робіт. Ознайомитись з основними способами (методами) обробки виробничих стічних вод, вивчити технологічні процеси обробки за допомогою лабораторних установок.

Залежно від призначення і прийомів видалення забруднень серед способів очистки (обробки) виділяють підготовчу обробку, вилучення домішок і деструктивну очистку.

Підготовча обробка складається з кондиціювання стічних вод для забезпечення їх транспортування і подальшої очистки. Це такі способи очистки, як нейтралізація кислих або лужних вод, змішування цехових стоків для усереднення складу і згладжування пікових концентрацій домішок, усереднення за витратою, видалення вибухонебезпечних газів тощо.

До способів вилучення домішок відносять: седиментацію, флотацію (як різновид седиментації), спонукальну седиментацію під дією відцентрових сил або з використанням коагулянтів і флокулянтів, віддувку газів, екстракцію, сорбцію, фільтрацію та ін. Особливо виділяють способи вилучення, при яких фаза сконцентрованих у малому об'ємі домішок повертається у виробництво як цінний продукт. Такі способи вилучення називають регенеративними.

Деструктивною очисткою, наприклад окислюванням або відновленням з наступним видаленням частини продуктів реакції у вигляді осадів або газів руйнують первісні забруднення стічних вод. До деструктивних способів відносять хлорування, знебарвлення пофарбованих розчинів, окислювання під тиском, біохімічне окислювання в аеробних та анаеробних умовах.

Лабораторна робота № 1

Визначення параметрів процесу усереднення виробничих стічних вод

Усереднення стічних вод використовують для вирівнювання концентрацій забруднень і реакції середовища при спуску кислих і лужних стоків, а також для вирівнювання витрат стічних вод. Місткість усереднювачів звичайно відповідає 4–12 годинному припливу. Щоб уникнути випадання осаду, усереднювачі обладнують мішалками або подають повітря інтенсивністю не менше ніж $2\text{--}5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Як приклад стічних вод, перед очисткою яких необхідне усереднення, можуть служити стоки шерстомийної фабрики. У цих стоках протягом доби концентрація завислих речовин коливається від 1 до 10 г/л, ХПК – від 10 до 50, БПК_{повн} – від 3 до 22, воняного мулу – від 1,5 до 6 г/л. Воняні стоки піддають реагентній обробці. Точне дозування в технічному відношенні було б дуже важким при різкому коливанні рівня забруднень.

Схема установки

Визначення параметрів процесу усереднення в усереднювачах з перемішуванням стічних вод повітрям проводять на установці, яка подана на рисунку 1.1. Дослідна установка усереднювача становить модель проточного резервуара-усереднювача місткістю до 1 м^3 . Стоки надходять із витратного бака 2 по розподільному лотку 6 з отворами діаметром 10 мм. Отвори зроблені у двох бічних сторонах лотка по його довжині. З резервуара-усереднювача стоки проходять через вентиль, прикріплений до гумового шланга, що з'єднаний з поплавцем 7, і виходять через трикутний водозлив бака 10. Витратний бак так само, як і резервуар - усереднювач, виконаний з оргскла. Завдяки поплавцю випускний вентиль завжди перебуває нижче рівня в резервуарі-усереднювачі й витрата стічних вод регульованих вентилем, постійна. Витрати стоків на вході в усереднювач і виході з нього вимірюють витратними кранами. Повітря нагнітається вакуумним насосом 1 марки КВН-4 і розподіляється в резервуарі за допомогою барботера діаметром 25 мм – перфорованого трубопроводу. У

нижній половині барботера під кутом 45^0 зроблені отвори діаметром 5 мм, розташовані в шаховому порядку на відстані 30 мм один від одного. Витрату повітря визначають газовим лічильником 4 марки РГ-40. Для дозування розчинених забруднень «штучних стічних вод» застосовують дозатор сифонного типу.

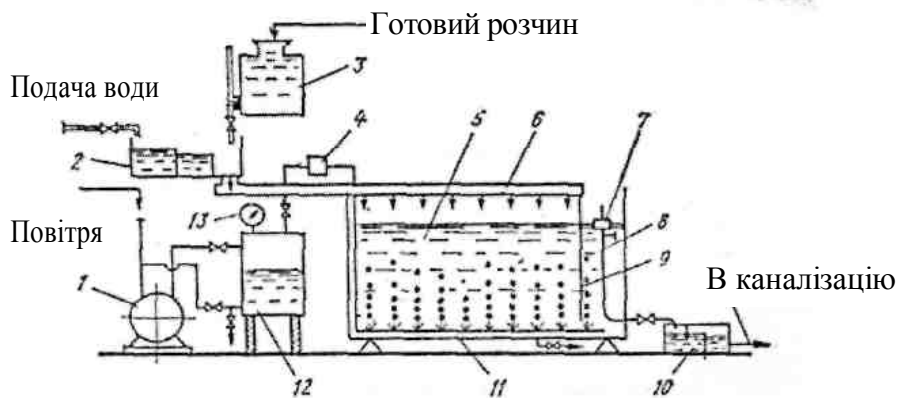


Рисунок 1.1 – Схема дослідного усереднювача:

- 1 – вакуум-насос КВН-4; 2, 10 – витратні боки; 3 – дозатор сифонного типу; 4 – газовий лічильник РГ-40; 5 – резервуар-усереднювач; 6 – розподільний лоток; 7 – поплавець; 8 – гумовий шланг; 9 – перфорована перегородка; 11 – барботер; 12 – циркуляційний бак для вакуум-насоса; 13 – манометр.

Проведення роботи

Одним з факторів, що впливають на ефективність усереднення, є час перебування стічних вод в усереднювачі, а також його місткість. Для визначення місткості усереднювача будують графік або складають таблицю коливань концентрацій забруднень і витрат води за годинами. При незакономірних коливаннях концентрації і витрат стічних вод підбирають необхідну тривалість усереднення з урахуванням найбільш несприятливих комбінацій величин коливання концентрації, щоб середня концентрація за будь-який період роботи не перевищувала найбільшої припустимої концентрації. Відповідно до обраного масштабу моделі резервуара-усереднювача підбирають годинні витрати води на вході в усереднювач і усереднену її витрату на виході з нього. Дозатор заливають приготовленим розчином, що містить домішки

(наприклад, барвники, СПАР). Годинне дозування розчину проводять вентилем за графіком зміни концентрації забруднень за годинами (протягом доби). Повний час експерименту залежить від графіка надходження стічних вод. Розраховують місткість усереднювача для заданої категорії стічних вод і визначають його ефективність на моделі споруди.

Проби відбирають на виході з усереднювача через кожні 30 або 60 хв. Концентрація стічних вод, що надходять в усереднювач, вже відома. Аналіз води виконують відповідно до методики для даного виду забруднень. За отриманими результатами аналізу роблять висновок про величину усередненої концентрації забруднень, яка в години пікових скидів не повинна перевищувати гранично - допустиму концентрацію (ГДК). Значення усереднених концентрацій, отриманих експериментальним шляхом, повинні бути близькі до розрахункових.

Обробка результатів спостережень

При моделюванні усереднювачів з барботуванням враховують головний фактор, що впливає на ефект роботи споруди - час перебування стічних вод в усереднювачі, тобто період усереднення.

Має бути виконана умова:

$$T_m = T_n / T_m, \quad (1.1)$$

де T_m – час усереднення в моделі, год;

T_n – час усереднення у виробничих умовах, год.

Місткість усереднювача за умови усереднення стічних вод тільки за концентрацією розчинених забруднень дорівнює

$$V = Q_{\text{сер}} \cdot T, \quad (1.2)$$

де $Q_{\text{сер}}$ – середньогодинний приток стічних вод за період усереднення, в який спостерігається максимальний приток стічних вод, м³/год.

Для моделювання проточного усереднювача необхідно підбирати відповідні $Q_{\text{год}}$, зберігаючи умови подібності фактичному графікові надходження стічних вод на споруду.

При усередненні стічних вод за концентрацією і витратою місткість усереднювача визначають за графіком припливу стічних вод:

$$V = V_{\min} + V_{\text{рег}}, \quad (1.3)$$

де V_{\min} – місткість усереднювача для прийому мінімального припливу стічних вод, що повинна забезпечити усереднення стоків за концентрацією забруднень (якщо це не забезпечується, то період усереднення збільшують), м^3 ;

$V_{\text{рег}}$ – регулююча місткість для усереднення витрати (визначається так само, як місткість водонапірної башти), м^3 .

Усереднену концентрацію стічних вод у цьому випадку розраховують за формулою:

$$C_{\text{ус}} = [QC_{\text{BX}}(QC_{\text{BX}} - Q_{\text{ус}}C) - (tQ_{\text{ус}} / V)] / Q_{\text{ус}}, \quad (1.4)$$

а за умови усереднення стічних вод тільки за концентрацією ($Q = Q_{\text{ус}}$) – за формулою:

$$C_{\text{ус}} = C_{\text{BX}} - (C_{\text{BX}} - C_{\text{рег}}) - (t / V), \quad (1.5)$$

де $C_{\text{ус}}$ – концентрація забруднень в усереднених стічних водах по закінченні періоду t , $\text{г}/\text{м}^3$;

C_{BX} – концентрація забруднень у стічних водах, що надходять в усереднювач протягом періоду t , $\text{г}/\text{м}^3$;

$C_{\text{рег}}$ – концентрація забруднень у рідині, що перебуває в усереднювачі перед надходженням у нього порції стічних вод концентрації C_{BX} (при цьому початкова $C_{\text{рег}}$ приймається рівною C_{BX} попередньої порції стічних вод), $\text{г}/\text{м}^3$;

Q – витрата стічних вод, що надходять в усереднювач з концентрацією C_{BX} , $\text{м}^3/\text{год}$;

t – період надходження в усереднювач стічних вод з концентрацією C_{BX} , год ;

V – місткість усереднювача при надходженні стічної рідини з концентрацією C_{BX} , м^3 .

Для визначення місткості усереднювача з перемішуванням стічних вод спочатку визначають об'єм усереднювача з урахуванням графіка надходження стічних вод і розраховують $C_{\text{ус}}$ до кінця окремих проміжків часу t (зазвичай

$t=1$ год). Отримане значення C_{yc} до кінця даного відрізка часу підставляють як C_{per} у вищенаведені формули розрахунків усереднених концентрацій для наступної години і т.п. Якщо максимальна величина C_{yc} перевищує ГДК, то об'єм усереднювача збільшують і розрахунок повторюють.

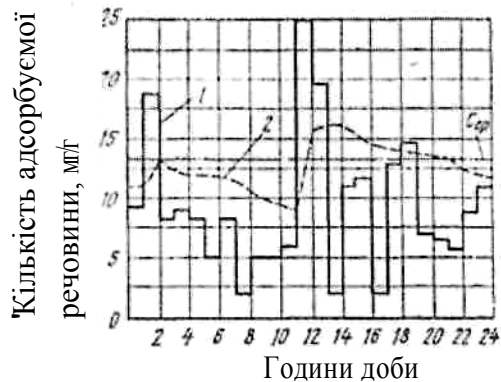


Рисунок 1.2 – Графік зміни концентрацій забруднень в усереднювачі:

1 – до усереднення; 2 – після усереднення

Необхідну кількість повітря $Q_{пов}$ для перемішування стоків визначають за формулою:

$$Q_{пов} = n q_{пов} Z, \quad (1.6)$$

де n – число барботерів;

$q_{пов}$ – питома інтенсивність барботування, $m^3/год$, на 1м барботера;

Z – довжина барботера, м.

Для перемішування рідини при глибині усереднювача від 1 до 6 м $q_{пов}$ приймають рівною: для проміжних барботерів, що створюють два циркуляційних потоки, 4–6 $m^3/год$ на 1м, для пристінних барботерів, що створюють один циркуляційний потік, 2–3 $m^3/год$ на 1 м.

Щоб уникнути випадання осаду $q_{пов}$ повинна бути такою, щоб мінімальна донна швидкість v_d циркуляційного потоку могла підтримувати у зваженому стані частки з гідравлічної крупністю u .

Залежність v_d від u визначають за формулою:

$$v_d = K_{зав} u^{0,5}, \quad (1.7)$$

де $K_{зав}$ – коефіцієнт пропорційності, який дорівнює 5–6 для пластівчастих і 10–12 для структурних часток;

u – розрахункова (максимальна) гідравлічна крупність завислих часток, мм/с. Якщо невідома характеристика суспензії, розрахункову гідравлічну крупність механічних домішок стічних вод після відстійників приймають у межах 0,2-0,3 мм/с.

Для створення необхідної v_d інтенсивність $q_{пов}$ повинна дорівнювати:

$$Q_{пов} = \frac{v_d^2}{6,25 \cdot H \cdot g}, \quad (1.8)$$

де H – глибина шару води в усереднювачі (при мінімальному наповненні), м;

g – прискорення вільного падіння, яке дорівнює $9,81 \text{ м/с}^2$.

Дані аналізу та обчислень заносять у табл. 1.1 і будують графік зміни концентрації до і після усереднення за годинами доби (рис. 1.2). У підсумку визначають оптимальний час перебування стоків в усереднювачі й необхідну витрату повітря.

Таблиця 1.1 – Отримані результати з обчислення показників

Години доби	Витрата										Концентрація, мг						Витрата повітря, м³/год
	Q _{вх}		V _{рег}		V _{мін} = Q _{вх} ·T		V=V _{рег} + V _{мін}		Q _{ус}		забруднення «А»			забруднення «Б»			
	%	м³/год	%	м³/год	%	м³/год	%	м³/год	%	м³/год	С _{вх}	С _{уст} ^{розр}	С _{уст} ^{факт}	С _{вх}	С _{уст} ^{розр}	С _{уст} ^{факт}	
0-1																	
1-2																	
2-3																	
3-4																	
4-5																	
5-6																	
6-7																	
7-8																	
8-9																	
9-10																	
10-11																	
11-12																	
12-13																	
13-14																	
14-15																	
15-16																	
16-17																	
17-18																	
18-19																	
19-20																	
20-21																	
21-22																	
22-23																	
23-24																	

Лабораторна робота №2

Визначення ефекту видалення із стічних вод синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) на флотаційній установці

Флотація є складним фізико-хімічним процесом. Флотація – це метод спонукальної седиментації, який застосовують для видалення домішок щільність яких менше щільності води, переважно таких, які легко утворюють стійку піну з пухирцями повітря. У процесі флотації при диспергуванні повітря у стічній рідині відбувається спливання молекул або міцел СПАР на границі розділу вода – повітря і дисперсних часток разом з пухирцями повітря на поверхню стічної рідини. Зчеплення молекул або міцел СПАР з повітряними пухирцями в рідині обумовлюється надлишком вільної поверхневої енергії на всіх поверхнях, що беруть участь у процесі розділу. Один з основних фізико-хімічних факторів флотаційного процесу – адсорбція. Повітряний пухирець, який піднімається в рідині нагору, оточується молекулами або міцелами СПАР. Безперервна подача повітря на поверхню стічної рідини утворює шар піни, насичений СПАР. При порушенні піни утворюється флотоконденсат, який містить 200–3000 мг СПАР в 1 л.

Ефект видалення СПАР із стічної рідини у флотаторі залежить від початкової концентрації СПАР, інтенсивності подачі повітря і тривалості флотації. Оптимальна інтенсивність подачі повітря становить $8\text{--}12 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, оптимальна тривалість флотації – 15–60 хв. Чим більше початкова концентрація СПАР, тим вище ефект флотації СПАР із стічної рідини.

У даний час в багатьох галузях промисловості - текстильній, шкіряній, хімічній, паперовій та ін. в якості миючих, змочувальних широко застосовують синтетичні поверхнево-активні речовини. Ці підприємства скидають у каналізацію стічні води з високою концентрацією СПАР, тут вони розбавляються господарсько-побутовими стоками. Якщо не можна забезпечити відповідного розведення виробничих стічних вод господарсько-побутовими, необхідно попередньо знизити концентрацію СПАР.

Особливо ефективна флотація в тому випадку, коли в оброблюваній воді вже присутні піноутворюючі СПАР. Наприклад, для очистки вовномийних стічних вод, в яких концентрація піноутворюючих жирних кислот мила доходить до 4 г/л, очистка за БПК, ХПК і завислим речовинам проходить на 30-35%, а виділення вовняного жиру – на 70-80 %.

Схема флотаційної установки

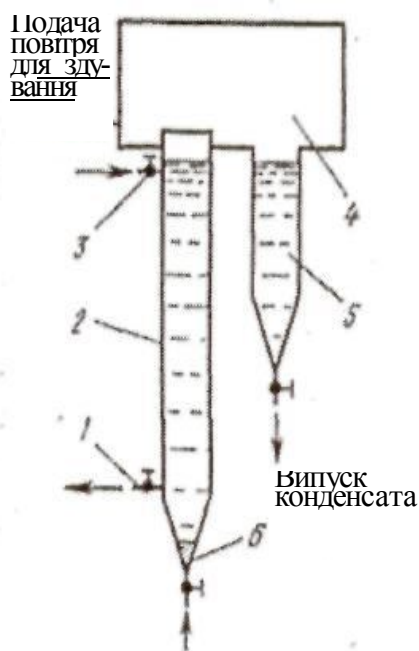


Рисунок 2.1 – Схема лабораторного флотатора:

- 1 – відбір проб, 2 – циліндр, 3 – подача досліджуваної води у флотатор,
4 – резервуар для збору піни, 5 – конденсатозбірний циліндр, 6 – фільтр

У моделі флотаційної установки (рис. 2.1) для флотації стічної рідини служить циліндр 2. Повітря надходить через фільтр 6, виготовлений з пористої кераміки та обтягнутий капроною тканиною. Резервуар 4 призначений для збору піни, що утворюється під час флотації. Піна спрямованим струменем повітря здувається в конденсатозбірний циліндр 5. Витрату повітря, що подається у флотатор, вимірюють газовим лічильником ГСБ-400. На повітропроводі перед дослідною моделлю встановлений манометр для виміру тиску повітря. Дослідну воду подають у флотатор. Перед початком дослідів наважка досліджуваної речовини розчиняють у водопровідній воді для

одержання заданої концентрації. Ретельно промивають стінки флотатора водопровідною, а потім дистильованою водою. Воду з флотатора зливають за допомогою сифона.

Проведення роботи

Досліджувану воду наливають у циліндр. Після початку флотації беруть проби через 10, 20, 30, 40, 50 хв., заміряють об'єм сконденсованої з піни рідини (конденсат піни). Визначають концентрацію СПАР у відібраних пробах і результати записують у табл. 2.1. Будують графік зміни концентрації СПАР у флютованій воді залежно від часу флотації. За графіком встановлюють оптимальний час флотації.

Таблиця 2.1 – Отримані результати з обчислення концентрацій СПАР

Час флотації, хв	10	20	30	40	50	60
Концентрація СПАР у відібраних пробах, мг/л						

Розрахунок. Ефект флотації СПАР (%) при її оптимальному часі визначають за формулою

$$\Xi = (C_{\text{поч}} - C_{\text{ост}}) C_{\text{поч}} / 100 \quad (2.1)$$

де $C_{\text{поч}}$ – початкова концентрація СПАР у воді, мг/л;

$C_{\text{ост}}$ – концентрація СПАР у воді після флотації, мг/л.

Лабораторна робота № 3

Визначення адсорбційної ємкості активованого вугілля при очищенні виробничих стічних вод сорбційним методом

Сорбція багатьох домішок виробничих стоків ефективно проходить на активованому вугіллі. Крім активованого вугілля як сорбенти застосовують глини, торф, тирси, золу, іонообмінні смоли, оксигідрати заліза і алюмінію та ін. Сорбційним методом видаляють із виробничих стоків багато видів СПАР, складні органічні речовини, барвники, метали. Найбільш складна частина сорбційного процесу – регенерація сорбенту. Іноді витрати на регенерацію виявляються настільки високими, що виключають можливість застосування сорбційного методу очистки.

Сорбцію здійснюють у статичних і динамічних умовах. У першому варіанті сорбент у вигляді крихти або порошку вводять в очищувальну стічну поду. Після певного часу контакту суміш відстоюється. Другий варіант передбачає фільтрацію оброблюваної стічної води через шар сорбенту.

Основною технологічною характеристикою процесу сорбції служить сорбційна здатність, що визначається кількістю забруднень, які знімаються 1 м^3 або 1 кг сорбента. Розглянемо сорбційний метод очистки на прикладі витягу фенолів зі стічних вод.

Технологічна схема очистки, що забезпечує високий адсорбційний ефект, повинна створювати рН, що відповідає утворенню менш дисоційованих форм речовини, що витягається. Для фенольних розчинів рекомендується, значення рН 4,5. Оптимальна сорбція фенолу відбувається в кислому середовищі. При підвищенні рН розчинів сорбованість фенолу падає. Це пояснюється тим, що на адсорбованість фенолу впливають структура його молекули і його дисоціація.



Рисунок 3.1 – Ізотерма адсорбції

Якщо в розчині перебувають одночасно іони й недисоційовані молекули, то адсорбуються тільки останні.

Процес адсорбції зображений ізотермою (рис. 3.1), що характеризує залежність кількості речовини, яка адсорбувала після встановлення, від рівноважної концентрації розчину при постійній температурі. Зі збільшенням концентрації речовини в розчині збільшується кількість адсорбованої речовини. Однак на різних ділянках адсорбційної ізотерми це збільшення неоднакове. В області низьких концентрацій кількість адсорбованої речовини прямо пропорційна його концентрації (ділянка I ізотерми). При подальшому збільшенні концентрації кількість адсорбованої речовини збільшується, але в меншій мірі (ділянка II), далі крива прагне до прямої, паралельної осі абсцис (ділянка III), що відповідає поступовому насиченню поверхні адсорбенту. Коли насичення досягнуте, подальше підвищення концентрації речовини в розчині вже практично не впливає на кількість адсорбованої речовини.

Адсорбційна ізотерма описується рівнянням Фрейндліха:

$$a = KC (1/n), \quad (3.1)$$

де K і n – коефіцієнти, величина яких залежить від виду сорбенту, концентрації сорбуючої речовини, температури середовища, тривалості процесу і визначається дослідним шляхом у кожному конкретному випадку;

a – кількість адсорбованої речовини, мг/л;

C – концентрація речовини при досягненні рівноваги, мг/л.

Визначивши вид рівняння ізотерми адсорбції і відповідних коефіцієнтів, можна обчислити величину питомої адсорбції речовини при заданій рівноважній концентрації розчину й необхідну дозу адсорбенту для досягнення заданого ефекту витягу речовини із стічної рідини.

Проведення роботи

У цій роботі треба визначити адсорбційну ємкість активованого вугілля наступних марок: ОУ, КАД, БАУ. Вугілля ОУ – сухе високоактивне й крупнопористе, розмір зерен 5-6 мм; вугілля КАД – йодоване дрібнопористе, має середню активність, розмір зерен 2-3 мм; вугілля БАУ – так само, як і вугілля КАД, дрібнопористе, середньої активності, розмір зерен 1-5 мм. Щоб зрівняти сорбційну здатність вугілля, необхідно визначити ізотерми адсорбції розчинів з різними концентраціями фенолу.

У п'ять чистих і сухих колб місткістю 250 мл налипають по 100 мл розчину, що містить фенол різної концентрації. У першу колбу наливають розчин з концентрацією фенолу 0,5 мг/л, у другу – 0,7, у третю – 1, у четверту – 2, у п'яту – 5 мг/л. Потім у кожну з колб висипають заздалегідь підготовлені наважки активованого вугілля масою 1 г. Вміст колб перемішують протягом 20 хв. Енергійне перемішування вирівнює об'єм концентрації розчину в об'ємі. По закінченні перемішування розчин відфільтровують через паперовий фільтр; перші порції фільтрату відкидають. Потім визначають концентрацію фенолу у фільтраті колориметричним методом із застосуванням 4-аміноантипірину. Результати аналізу записують у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати аналізу з визначення концентрації фенолу у фільтраті

№ проби	Початкова концентрація фенолу в розчині C_0 , мг/л	Рівноважна концентрація C , мг/л	Маса навішення активованого вугілля m , г	Марка вугілля

Розрахунок. За отриманими даними (табл. 3.1) розраховують кількість фенолу Φ , моль на 1 г вугілля, за формулою

$$\Phi = (C_0 - C) V/m, \quad (3.2)$$

де V – об'єм розчину, мл.

Лабораторна робота № 4

Знебарвлення пофарбованих розчинів озонуванням

Методи хімічного окислювання використовують при наявності в стоках домішок, що біохімічно не окисляються або токсичних для мікроорганізмів. Найбільш ефективний з цих методів – озонування, яким вдається зруйнувати такі важко окислювальні речовини, як нафтопродукти, феноли, барвники, деякі СПАР та ін.

Технологічний контроль процесу озонування аналогічний технологічному контролю реагентних методів очистки стічних вод. Особливу увагу приділяють визначенню необхідної кількості озону, що забезпечує заданий ступінь очистки, а також визначає вартість процесу.

У текстильній, шкіряній та інших видах промисловості застосовують кілька тисяч різних барвників.

З фарбувальних ванн і барок у каналізацію потрапляє від 3 до 25 % використовуваної кількості барвників, які інтенсивно зафарбовують стічні води. Зниження фарбування стічних вод - одна з важливих проблем в очищенні стічних вод.

Схема установки

Лабораторна установка для знебарвлення фарбувальних розчинів і стічних вод (рис. 4.1) складається з генератора озону, змішувача озоно-повітряної суміші з водою і пробовідбірників озоно-повітряної суміші. Як генератор озону використовують лабораторну модель озонатора, що являє собою батарею скляних трубок з електродами з міді й дюралюмінію; напруга на затисках – 10 кВ.

Озон у суміші з повітрям по шлангу 14 надходить у змішувач 26 озono-повітряної суміші з водою. Включаючи електродвигун 6, приводять в обертання порожній вал 25 і барабан-розподільник 24, обтягнутий дрібною сіткою. При обертанні в барабані-розподільнику і полому валі створюється вакуум, за рахунок якого озono-повітряна суміш засмоктується з озонатора в змішувач, де змішується з оброблюваним фарбувальним розчином. Внутрішній корпус 23 створює сприятливі умови для циркуляції озонованої рідини в змішувачі. Відпрацьована озono-повітряна суміш відводиться по шлангу 5, на якому встановлений витратомір 3. Робочий об'єм змішувача дорівнює 55 л.

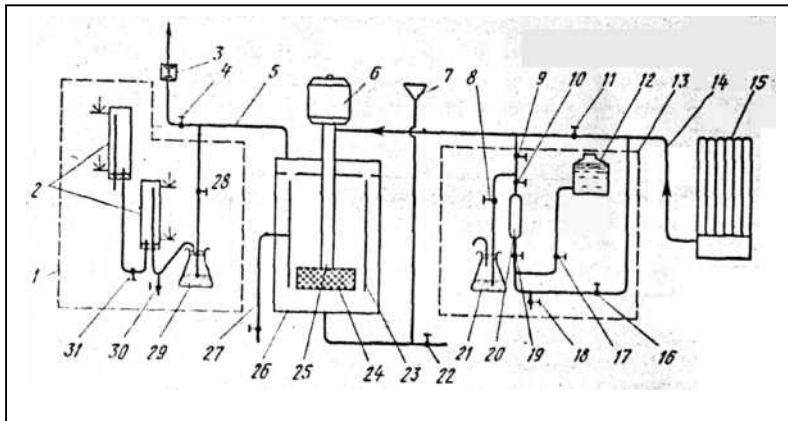


Рисунок 4.1 – Схема установки із знебарвлення фарбувальних розчинів і стічних вод:
1 – пробовідбірник відпрацьованої озono-

повітряної суміші;

2 – циліндричні посудини; 3 – витратомір озono-повітряної суміші; 4, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 22, 28, 30, 31 – крани; 5 – шланг, що відводить відпрацьовану озono-повітряну суміш; 6 – електродвигун; 7 – лійка для заливання в змішувач випробуваних фарбувальних розчинів; 12 – посудина з водою; 13 – пробовідбірник вступника озono-повітряної суміші; 14 – шланг, що подає озono-повітряну суміш; 15 – генератор озону; 20 – газова піпетка; 21, 29 – колба з розчином KJ; 23 – внутрішній корпус; 24 – барабан-розподільник; 25 – полий вал; 26 – змішувач; 27 – шланг для відбору проб оброблюваної води

Пробовідбірник озono-повітряної суміші містить у собі газову піпетку 20, посудину 12 з водою, установлювану вище газової піпетки, і колбу 21 з

розчином йодистого калію; а пробовідбірник відпрацьованої озono-повітряної суміші - колбу 29 з розчином йодистого калію і два скляних циліндри 2, установлені один над одним. Робота здійснюється в такій послідовності. У змішувач 26 через лійку 7 вводять певну кількість концентрованого розчину досліджуваного барвника, після чого наливають водопровідну воду до об'єму 55 л. У такий спосіб створюється необхідна концентрація барвника в розчині (звичайно 10, 15, 29 мг/л). Перевіряють правильність установки кранів. Усі крани (крім 4 і 11) повинні бути закриті. Потім включають генератор озону в електромережу. Ручкою реостата плавно збільшують напругу на затисках озонатора - від 0 до 10 кВ. По досягненні необхідної напруги включають електродвигун 6 змішувача. Перед пуском електродвигуна змішувача зі шланга 27 відбирають пробу розчину барвника і в циліндрах визначають початкову інтенсивність фарбування (розводять до безбарвної). Після пуску електродвигуна через 2, 5, 10, 15 хв відбирають проби досліджуваного розчину барвника й також визначають інтенсивність фарбування. У процесі досліду фіксують час повного знебарвлення фарбувального розчину і витрату озono - повітряної суміші. На підставі визначення інтенсивності фарбування будують графіки зниження ступеня фарбування залежно від часу. По закінченні досліду змішувач спорожняють через кран 22.

Проведення роботи

Концентрацію озону в озono-повітряної суміші визначають йодометричним методом. Озон завдяки своїм окислювальним властивостям окисляє з 0,5 н. розчину йодистого калію, еквівалентну кількість вільного йоду, що відтитровується 0,01 н. розчином тіосульфату натрію в кислому середовищі в присутності крохмалю в якості індикатору.

Відбір озono - повітряної суміші, що надходить, проводять у такий спосіб. У колбу 21 вводять розчин йодистого калію і закривають її пробкою із двома скляними трубками. Одну з трубок опускають у розчин йодистого калію і приєднують до неї газову піпетку 20. Об'єм газової піпетки повинен бути не менше 400 мл. Для відбору проби крани 9, 10, 16, 19 відкривають, а

крани 8, 17, 18 закривають. Потім перекривають кран 11 і озono-повітряна суміш надходить у піпетку 20. Продувка газової піпетки триває 1-2 хв, після чого кран 11 відкривають, а крани 9 і 16 закривають. Далі озono - повітряна суміш із газової піпетки під дією стовпчика води з посудини продавлюється через розчин йодистого калію в колбі 21. Крани 5, 10, 17, 19 відкриті, а крани 9, 16, 18 закриті. Вміст озону в колбі визначають йодометричним методом. Вода із системи шлангів зливається через кран 18, після чого пробовідбірник встановлюють у робоче положення.

Перед відбором проби відпрацьованої озono-повітряної суміші в колбу 29 наливають свіжий розчин йодистого калію і закривають її пробкою з двома скляними трубками. Одна з трубок, з'єднана зі шлангом 5, що відводить озono - повітряну суміш, опущена в розчин йодистого калію, а друга з'єднана із системою циліндрів 2.

Для роботи використовують циліндри об'ємом не менше 500 мл, які розташовані один над одним і перевернуті вгору дном. Вони закриті пробками зі скляними трубками. У парі ці циліндри працюють таким чином, що нижній заповнюється водою, а верхній залишається вільним в об'ємі 400-500 мл.

При відборі проби озono-повітряної суміші крани 28 і 30 відкривають, а кран 4 закривають. Озono-повітряна суміш проходить через розчин йодистого калію в колбі 29 і витісняє воду з нижнього циліндра у верхній. Як тільки рівень води в нижньому циліндрі опуститься до краю нижньої скляної трубки, що відповідає об'єму озono-повітряної суміші, яка пройшла через розчин йодистого калію в колбі 29, кран 4 відкривають, а крани 28 і 30 закривають. Після цього в колбі визначають вміст озону і його концентрацію у відпрацьованій озono-повітряної суміші. Воду з верхнього циліндра переливають в нижній, для чого відкривають кран 30 і встановлюють пробовідбірник у робоче положення. У разі попадання води в шланг, що з'єднує колбу 29 і нижній циліндр, її зливають, відкривши кран 31.

Обробка результатів вимірів

Розрахунок. Загальну витрату озono-повітряної суміші (мг) для знебарвлення всієї кількості фарбувального розчину визначають за формулою

$$Q_1 = t \cdot q, \quad (4.1)$$

де q – витрата озono-повітряної суміші, л/хв.;

t – час повного знебарвлення фарбувального розчину, хв.

Витрату озону (мг) для знебарвлення всієї кількості фарбувального розчину розраховують у такий спосіб:

$$Q_2 = C \cdot Q_1 \quad (4.2)$$

де C – концентрація озону в озono-повітряній суміші, що надходить, мг/л.

Витрату озону (мг/л) для знебарвлення 1 л фарбувального розчину знаходять за формулою:

$$Q_3 = Q_2 / V, \quad (4.3)$$

де V – об'єм досліджуваного розчину, л.

Витрату озону (мг) для знебарвлення 1 мг фарбувального розчину розраховують за формулою

$$Q_4 = Q / K, \quad (4.4)$$

де K – концентрація барвника у досліджуваному розчині, кг/л.

Коефіцієнт використання озону (%) визначають за формулою

$$n = (C - C_1) \cdot 100 / C, \quad (4.5)$$

де C_1 – концентрація озону у відпрацьованій озono-повітряній суміші, мг/л.

Результати визначень та розрахунків заносять у таблицю 4.1 і таблицю 4.2 з визначення витрати озону. На підставі результатів порівняльного аналізу роблять висновки про швидкість руйнування різних видів барвників під дією озону.

Таблиця 4.1 – Результати визначень показників

№ досліду	Найменування барвника	Концентрація барвника в розчині, мг/л	Початкова інтенсивність фарбування розчину	Інтенсивність фарбування розчину барвника через, хв				Час повного знебарвлення фарбувального розчину, хв	Концентрація озону в озоно-повітряної суміші, мг/л		Витрата озоно-повітряної суміші, л/хв.
				2	5	10	15				

23

Таблиця 4.2 – Результати розрахунків з визначення витрати озону

№ досліду	Найменування барвника	Концентрація барвника в розчині, мг/л	Витрата озоно-повітряної суміші для знебарвлення всієї кількості розчину, л	Витрата озону для знебарвлення всієї кількості розчину, мг	Витрата озону для знебарвлення 1л розчину, мг/л	Витрата озону для знебарвлення 1кг барвника, мг	Коефіцієнт використання озону, %

Лабораторна робота № 5

Вибір типу розчинника при рідинній екстракції фенолу з води

При відносно високому вмісті у виробничих стічних водах розчинених органічних речовин, що являють собою технічну цінність (феноли й жирні кислоти), ефективним методом очистки стічних вод служить екстракція органічними розчинниками - екстрагентами. Процес екстракції полягає у змішуванні стічної води з екстрагентом і їхньому розподілу. В якості екстрагентів застосовують речовини, в яких речовина, що екстрагує розчиняється краще, ніж у воді. При змішуванні встановлюється динамічна рівновага в розподілі речовини, що екстрагує, між екстрагентом і водою.

Рівновага концентрації речовини в екстрагенті й водній фазі характеризується коефіцієнтом розподілу, за яким судять про екстрагуючу здатність розчинників і вибирають кращий з них. На практиці вибір розчинника обумовлюється не тільки коефіцієнтом розподілу, але одночасно такими факторами, як його вартість, ефективність розподілу фракцій.

Рідинну екстракцію широко застосовують для вилучення фенолів зі стічних вод підприємств, що переробляють тверде паливо, і підприємств з виробництва пластмас.

Схема установки

Коефіцієнт розподілу при екстракції фенолу з води різними розчинниками і на його основі вибір кращого екстрагента визначають на установці (рис. 5.1), яка являє собою екстрактор 1 з конусною частиною і спускним краном 7. В екстракторі стічна рідина перемішується з екстрагентом мішалкою 2, що приводиться в рух вибухобезпечним двигуном 5. Об'єм екстрактора $0,006 \text{ м}^3$, діаметр $0,01 \text{ м}$, частота обертання, мішалки 6 об/хв. Щоб зменшити випаровування екстрагента, екстрактор закривають знімною кришкою 6. Екстрактор заповнюють фенольною водою і екстрагентом через лійку 4 по трубі 3.

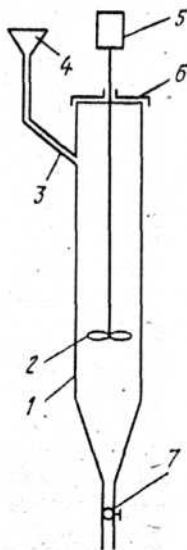


Рисунок 5.1 – Схема лабораторної установки для рідинної екстракції фенолу з води:

1 – екстрактор; 2 – мішалка; 3 – трубка; 4 – лійка; 5 – електродвигун; 6 – знімна кришка; 7 – спускний кран

Проведення роботи

Коефіцієнт розподілу встановлюють для трьох розчинників: Н - бутилацетату, диізопропилового ефіру й бензолу. Досліди проводять із кожним з трьох розчинників у такій послідовності. В екстрактор заливають фенольну воду в кількості, що дорівнює 1/3 об'єму екстрактора, а потім у такому ж об'ємі розчинник. Концентрація фенолу становить ~3 г/л. Включають мішалку, і фенольна вода інтенсивно переміщується з розчинником протягом 10 хв. По закінченні перемішування суміш відстоюється протягом 30 хв для відділення розчинника від води. Після розшаровування зливають близько 2/3 водяного розчину в чисту колбу, звідки відбирають пробу, в якій визначають рівноважну концентрацію відсталого фенолу. За різницею між первісною концентрацією фенолу і тією, яка залишилася після екстракції судять про кількість вилученого фенолу та його концентрації в екстрагенті.

Обробка результатів спостережень

Коефіцієнт розподілу розраховують за формулою

$$a = y/x, \quad (5.1)$$

де x — рівноважна концентрація речовини у водній фазі, кг/м^3 ;

y – рівноважна концентрація тієї ж речовини в органічній фазі, кг/ м³.

Кількість вилученого фенолу в процесі досліді знаходять за формулою

$$y = (A - x) \cdot V_1 / V_2, \quad (5.2)$$

де A – первісна концентрація фенолу, кг/м³;

x – рівноважна концентрація фенолу у воді, кг/м³;

V_1 – об'єм оброблюваної фенольної води, м³;

V_2 – об'єм екстрагента, м³.

Результати спостережень, дослідні й розрахункові дані заносять у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати спостережень, дослідні й розрахункові дані

Екстрагент	Об'єм оброблюваної води, м ³	Початкова концентрація фенолу у воді, кг/м ³	Об'єм екстрагента м ³	Рівноважна концентрація фенолу в розчиннику, кг/м ³	Коефіцієнт розподілу

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Водоотводящие системы промышленных предприятий : учеб. для вузов / С. В. Яковлев, И. Я. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов / Под ред. С. В. Яковлева. – Москва : Стройиздат, 1990. – 510 с.
2. Водоотведение и очистка сточных вод : Учеб. для вузов / С. В. Яковлев, С. В. Карелин, Ю. М. Ласков, В.И. Калицун. – Москва : Стройиздат, 1996. – 591 с.
3. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод : Учеб. пособие для ВУЗов. / В.И. Калицун, Ю.Н. Ласков, Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев. – Москва : Стройиздат, 2000. – 272 с.
4. Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : Учеб. для вузов / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – Москва: АСВ, 2004. – 704 с.
5. Долина Л. Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для механической очистки производственных сточных вод : Учеб. пособие / Л. Ф. Долина – Днепропетровск : Континент, 2004. – 93с.
6. Долина Л. Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для физико-химической очистки производственных сточных вод : Учеб. пособие. / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск : Континент, 2004. – 127 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з навчальної дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД»

*(для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму
підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси)
(фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних
ресурсів»)*

Укладач **АЙРАПЕТЯН** Тамара Степанівна

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Т. С. Айрапетян*

План 2017, поз. 96 М

Підп. до друку 16.06.2017
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 1,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.